



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 15 031 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 Q 7/38**  
H 04 B 1/713  
H 04 B 7/204

②1 Aktenzeichen: 199 15 031.1  
②2 Anmeldetag: 1. 4. 99  
④3 Offenlegungstag: 11. 11. 99

DE 199 15 031 A 1

③0 Unionspriorität:  
055262 06. 04. 98 US

⑦1 Anmelder:  
Ericsson Inc., Research Triangle Park, N.C., US

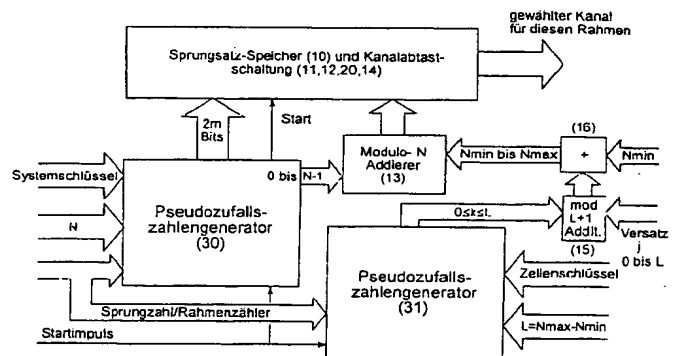
⑦4 Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

⑦2 Erfinder:  
Dent, Paul W., Pittsboro, N.C., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Orthogonalfrequenzsprungmusterwiederverwendungsverfahren

⑤7 Frequenzsprungtechniken, die eine größere Störungsmittelung bereitstellen, werden beschrieben. Zellen, die die gleiche Sprungsequenz aufweisen, wählen Sequenzverätze pseudozufällig in einer Weise, die sicherstellt, daß Stationen innerhalb von Zellen verschiedene Kanalfrequenzen wählen, aber auch so, daß sich zwischen zwei derartigen Zellen Störer zwischen Sprüngen ändern. Dies kann erreicht werden, indem z. B. jede Station mit einem einzigartigen Identifizierer versehen wird, der zusammen mit einer Pseudozufallszahl verwendet werden kann, um eine Wahl aus dem Satz von Sprungsequenzen zu treffen, die der Zelle zugewiesen sind.



DE 199 15 031 A 1

## HINTERGRUND

Die Erfindung betrifft landgestützte oder satellitengestützte Funktelefonsysteme unter Verwendung von einem Frequenzsprungverfahren und von Verfahren zum Verringern einer Interferenz zwischen Zellen, die die gleiche Frequenz gleichzeitig verwenden.

In dem britischen Patent Nr. 8118954 und dem entsprechenden U.S. Patent Nr. 4,476,566 des Anmelders mit dem Titel "Frequency Hopping Radio Communications Apparatus Having Pseudo-Random Channel Selection" ist ein Orthogonalfrequenzsprungkanalwahlverfahren beschrieben, das einer Funkstation innerhalb einer gegebenen Gruppe ermöglicht, für sukzessive Übertragungsintervalle einen zufälligen Kanal zur Verwendung für die Kommunikation zu wählen. Gleichzeitig ermöglicht dieses Verfahren, daß verschiedene Stationen der gleichen Gruppe verschiedene Kanäle während des gleichen Intervalls wählen und sich somit gegenseitig nicht stören. Die obigen Patente werden hierbei durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Erfindung. Dieses Verfahren einer Kanalwahl wird als "orthogonales Frequenzsprungverfahren" bezeichnet, im Gegensatz zu dem "zufälligen Frequenzsprungverfahren", bei dem jede Station einen Kanal zufällig wählt und somit eine zufällige Chance zum Wählen des gleichen Kanals wie eine andere Station aufweist. Diese Systeme machen es schwierig, wenn nicht unmöglich, den bestimmten Kanal, den eine zweite Station wählen wird, auf Grundlage des von der ersten Station gewählten Kanals abzuleiten, bis auf die Tatsache, daß er unterschiedlich sein wird. Dieses Merkmal von Lehren für eine herkömmliche orthogonale Frequenzauswahl war bei Militäranwendungen nützlich, bei denen es wünschenswert gewesen ist, eine beabsichtigte Störung (Jamming) von einem Gegner zu verhindern.

Eine Anwendung der vorliegenden Erfindung ist eine zivile Anwendung, beispielsweise in der Zellularfunktelefonie. In der Zellularfunktelefonie ist ein Dienst von so vielen Mobilteilnehmerverwendern wie möglich mit einer begrenzten Anzahl von Funkkanälen wünschenswert. Die verfügbaren Funkkanäle werden über einen Kontinent mehrmals wiederverwendet, um die erforderliche Kapazität zu erreichen, aber herkömmliche Techniken weisen Kanäle an geographische Zellen zu, so daß benachbarte Zellen den gleichen Kanal nicht verwenden, wodurch eine exzessive Interferenz vermieden wird. Das Konzept einer Kanalwiederverwendung beinhaltet die Aufteilung der Gesamtanzahl von Frequenzkanälen in eine Anzahl  $M$  von Untergruppen und die Zuordnung jeder der  $M$ -Untergruppen zur Verwendung in einer Zelle gemäß einem  $M$ -Zellen-Wiederverwendungsmuster, so daß Zellen, die der gleichen Untergruppe zugewiesen sind, durch Wurzel ( $M$ )-Zellendurchmesser zwischen Zellenzentren getrennt sind. Je größer das gewählte  $M$  ist, desto größer ist der Abstand zwischen interferierenden Cokanal(Gleichkanal)-Stationen; jedoch sind zur Verwendung in jeder Zelle weniger Kanäle verfügbar. Somit wird eine Interferenz auf Kosten der Kapazität verringert, so daß es wünschenswert ist, andere Vorgehensweisen als die Vergrößerung der Größe  $M$  des Wiederverwendungsmusters zu entdecken, um die Interferenz tolerierbarer zu machen.

Herkömmliche feste Frequenzwiederverwendungsmuster weisen die Eigenschaft auf, daß eine gegebene Station in einer Zelle immer eine Cokanal-Interferenz von einer anderen Station in einer anderen Zelle, der der gleiche Kanal zugewiesen ist, erleidet. Die interferierende Station kann manchmal eine Station in der Nähe der Station sein, mit der sie in Kommunikation steht (wobei somit eine niedrige Übertra-

gungsleistung verwendet wird), aber bei anderen Gelegenheiten kann sie eine Station unter Verwendung einer maximalen Leistung sein. Da die Interferenzsituation für die Dauer eines zellularen Telefonanrufs anhält, ist es erforderlich, einen Plan bereitzustellen, um mit den Worst-Case-Situationen fertig zu werden, und so weisen herkömmliche feste Frequenzwiederverwendungspläne eine Tendenz auf, in einem übertriebenen Maße konservativ zu sein.

Ein anderes Verfahren, das eine Verbesserung gegenüber festen Frequenzwiederverwendungsplänen bereitstellt, ist das Frequenzsprungverfahren, welches für das europäische zellulare System spezifiziert ist, das als das Global System for Mobile Communications (GSM) bekannt ist. In GSM ist die Untergruppe von Frequenzen, die zur Verwendung innerhalb einer bestimmten Zelle zugewiesen werden, nicht auf eine einzelne einzigartige Frequenz für jede Station in der Zelle aufgeteilt, sondern anstelle davon ist jede Station programmiert, um eine Frequenz zufällig aus der gesamten Untergruppe gemäß einem orthogonalen Frequenzwahlprozeß zu wählen. Die Stationen innerhalb einer ersten Zelle sind somit "orthogonal" zueinander und weisen keine Frequenzüberlappung mit benachbarten Zellen unter Verwendung von verschiedenen Frequenzuntergruppen auf. In einer zweiten Zelle, der die gleiche Gruppe von Frequenzen wie die erste Zelle zugewiesen ist, sind die Stationen wiederum orthogonal zueinander, aber so konditioniert, daß sie eine orthogonale Frequenzwahl gemäß einem pseudozufälligen Wahlalgorithmus, der sich von demjenigen der ersten Zelle unterscheidet, ausführen, so daß eine Station in der ersten Zelle nicht immer von der gleichen Station in der zweiten Zelle, sondern von einer der Stationen in der zweiten Zelle, die zufällig von einem Intervall zu dem nächsten gewählt wird, gestört wird. Beim zufälligen Wählen einer Station gibt es eine 50% Wahrscheinlichkeit, daß ihre Übertragung aufgrund des Sprach- oder Datenverkehr-Aktivitätsfaktors in Ruhe ist, und deshalb wird das Auftreten von Frequenzzusammenstößen im Durchschnitt um 50% reduziert und die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes ist von einem Intervall zu dem nächsten nicht-korreliert. Jedoch verändert sich der Leistungspegel eines Zusammenstoßes in Abhängigkeit davon, ob die interferierende Station gerade eine hohe oder eine niedrige Sendeleistung verwendet. Durch Verschachteln von Fehlerkorrektur-kodierten Datenrahmen über mehrere aufeinanderfolgende Frequenzsprungintervalle können Daten noch in zufriedenstellender Weise decodiert werden, wobei ein zufälliger Prozentsatz von Sprüngen stärker als der Durchschnitt interferiert. Das Frequenzsprungverfahren von GSM erlaubt ein Mitteln von Störern, wobei ermöglicht wird, daß die Wiederverwendungsmustergröße  $M$  im Vergleich mit dem Wert  $M$ , der zum Behandeln einer Worst-Case-Störung benötigt werden würde, verkleinert ist. Dies führt zu einem Anstieg der Anzahl von Anrufen, die behandelt werden können, d. h. zu einem Anstieg der Kapazität.

Eine Verbesserung eines Frequenzsprungverfahrens des GSM-Typs ist in dem U.S. Patent Nr. 5,425,049 für den Anmelder mit dem Titel "Staggered Frequency Hopping Cellular Radio System" offenbart. Dieses Patent, welches hiermit Teil der vorliegenden Anmeldung ist, offenbart einen Vorteil beim beabsichtigten Verschieben der Zeitsteuerung von Frequenzsprungintervallen zwischen Zellen, die angewiesen werden, über die gleiche Untergruppe von Kanälen zu springen. Wenn der Zeitsteuerungsversatz ein Bruchteil ist, beispielsweise  $1/3$  des Sprungintervalls, treten Zusammenstöße mit verschiedenen interferierenden Stationen in jedem  $1/3$  des Sprungintervalls auf, wodurch ein sogar noch höheres Mitteln von Störern bereitgestellt wird.

Ein anderer Vorteil des Frequenzsprungverfahrens besteht

darin, daß es einen frequenzselektiven Schwund mitteln kann. Wenn aufgrund einer Mehrwegausbreitung eine destruktive Interferenz auf einigen Frequenzkanälen auftritt, wird diese Situation nur zufällig bei bestimmten Frequenzsprüngen auftreten, und das Ausfallereignis kann durch die Verschachtelungs- und Fehlerkorrekturcodierung behandelt werden. Um die maximale Verstärkung gegenüber einem frequenzselektiven Schwund zu erhalten, ist es wünschenswert, über so viele Kanäle wie möglich in der Frequenz zu springen. Jedoch war die Anzahl von Kanälen, die von jeder einzelnen Zelle verwendet werden, in dem voranstehend beschriebenen herkömmlichen Frequenzsprungverfahren noch ein Faktor M kleiner als die Gesamtanzahl von verfügbaren Kanälen, wobei M in der Größenordnung von 3 bis 9 ist. Beim Umsetzen der gegenwärtigen Erfindung, die nachstehend beschrieben wird, können jedoch sämtliche Stationen Frequenzsprünge über die gesamte verfügbare Anzahl von Kanälen ausführen, wodurch der maximale Vorteil gegenüber einem frequenzselektiven Schwund erzielt wird.

In einer anderen Anwendung wird ein Zellularfunktelefontelefon mit Hilfe von umlaufenden Satelliten, die mit Mehrstrahlantennen ausgerüstet sind, geschaffen, wobei jeder Antennenstrahl mit einer geographischen Zelle oder einem Dienstgebiet auf der Erde assoziiert ist. Die geographischen Bereiche, die einem gegebenen Satellitenstrahl zugewiesen sind, kann ein fester Satellit, wenn geostationäre Satelliten verwendet werden, oder ein sich bewegender Satellit, der mit elektronisch steuerbaren Strahlen ausgerüstet ist, sein; alternativ können sich die geographischen Bereiche, die von einem bestimmten Satelliten bedient werden, mit der Bewegung des Satelliten im Orbit um die Erde bewegen. Innerhalb des geeigneten sich bewegenden oder festen Referenzrahmens, in dem die Strahlen statisch sind, kann sich trotzdem die Notwendigkeit für Zwischenstrahl-Frequenzwiederverwendungsstrategien ergeben, um eine Strahl-zu-Strahl-Interferenz zu steuern. Diese Gegenstände sind in den folgenden U.S. Patenten des Anmelders diskutiert, die hier durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Erfindung sind: U.S. Patent Nr. 5,642,358 mit dem Titel "Multiple beam width phased array"; U.S. Patent Nr. 5,631,898 mit dem Titel "Cellular/satellite communications system with improved frequency re-use"; U.S. Patent Nr. 5,619,503 mit dem Titel "Cellular/satellite communications system with improved frequency re-use"; U.S. Patent Nr. 5,619,210 mit dem Titel "Large phased-array communications satellite"; U.S. Patent Nr. 5,594,941 mit dem Titel "A cellular/satellite communications system with generation of a plurality of set of intersecting antenna beams"; U.S. Patent Nr. 5,566,168 mit dem Titel "TDMA/FDMA/CDMA hybrid radio access methods"; U.S. Patent Nr. 5,555,257 mit dem Titel "Cellular/satellite communications system with improved frequency re-use"; und U.S. Patent Nr. 5,539,730 mit dem Titel "TDMA/FDMA/CDMA hybrid radio access methods".

In einem Frequenzband, das einer Satellitenkommunikation zu Mobiltelefonen zugeordnet ist, wird die Verwendung des Bands dadurch konditioniert, daß die durchschnittliche Energie in irgendeinem 4 KHz-Teil des Frequenzbands, der irgendeinen Quadratmeter der Erde erreicht, unter einer spezifischen Grenze ist. Somit würden Schmalbandkommunikationssysteme, die Energie in einige wenige schmale Kanäle konzentrieren, die spezifizierte spektrale Dichtegrenze überschreiten. Höhere Energie könnte durch Verwendung einer Spreizspektrumform einer Übertragung gesendet werden, beispielsweise einem Direktsequenz-Spreizspektrum-Mehrfachzugriff (Direct Sequence Spread Spectrum Mul-

tippe Access DSSSMA), der auch als Codevielfach-Mehrfachzugriff (Code Division Multiple Access CDMA) bekannt ist, oder alternativ einem Frequenzsprung-Spreizspektrum (Frequency Hopping Spread Spectrum FHSS). Wenn ein FHSS verwendet wird, sollten die Frequenzen, die in irgendeinem Gebiet verwendet werden, d. h. in demjenigen Bereich der Erde, der von einem bestimmten Richtstrahl bedient wird, über die gesamte Anzahl von verfügbaren Kanälen springen, um die Energiedichte so dünn wie möglich zu spreizen, und sie sollten nicht nur über einen Untersatz von Kanälen springen. Trotzdem sollten Kommunikationen in benachbarten Strahlen vorzugsweise nicht die gleichen Kanäle gleichzeitig verwenden. Deshalb ergibt sich die Notwendigkeit eines Frequenzsprungsystems, bei dem eine Frequenzauswahl orthogonal innerhalb einer Zelle und ihrer benachbarten Zellen ist, während in nicht-benachbarten Zellen die Wahrscheinlichkeit eines Frequenzzusammenstoßes zwischen irgendwelchen zwei gegebenen Stationen vorzugsweise zufällig ist und nicht ein Ereignis einer langen Dauer. Diese Anforderungen und Verbesserungen werden erzielt, wenn das hier beschriebene erfindungsgemäße orthogonale Frequenzsprungsystem ausgeübt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG

Ein zellulares Frequenzsprung-Wiederverwendungsverfahren umfaßt das Aufteilen eines Dienstgebiets in eine Anzahl von aneinander angrenzenden Zellen, wobei jede Zelle zugehörige Frequenzsprung-Mehrfachsendeeinheiten zum Senden von Information an eine Vielzahl von Stationen, die sich innerhalb der Zelle befinden, umfaßt und jede Zelle zugehörige Frequenzsprung-Mehrfachempfangseinheiten zum Empfangen von Information von einer Vielzahl von Stationen in der Zelle aufweist.

Jede der Vielzahl von Stationen weist einen zugehörigen Frequenzsprungempfänger auf, um eine der Mehrfachausendungen zu empfangen, und einen Frequenzsprungsender zum Senden von Information an die Mehrfach-Empfangseinheiten. Jeder Frequenzsprungempfänger oder -sender weist einen Tageszeit-Takt oder Zähler auf, um die Nummer eines gegenwärtigen Sende- und Empfangsintervalls anzuzeigen, beispielsweise eine Zeitvielfachzugriff-Rahmennummer, eine Schlitznummer, eine Sendeburstnummer oder eine Paketnummern-Frequenzsprungnummer. Das angezeigte Intervall ist das Intervall, für das eine Kanalfrequenz für eine Aussendung oder einen Empfang gewählt werden sollte und ein Kanal wird pseudozufällig für jedes Intervall aus einem Satz von zugelassenen Kanälen gewählt, die hier als der Sprungsatz bezeichnet werden.

Ein erster Pseudozufalls-Zahlengenerator berechnet für jedes Intervall auf Grundlage der Intervallnummer und eines Systemschlüssels, der für sämtliche Sender und Empfänger des gleichen Systems gemeinsam ist, eine Pseudozufallszahl für jedes Intervall. Der Pseudozufallsgenerator ist darauf beschränkt, eine Nummer anzuzeigen, die nur einen der zugelassenen Kanäle anzeigt, der in dem Sprungsatz enthalten ist, und nicht einen nicht-zugelassenen Kanal.

Ein Orthogonal-Versatzmodifizierer modifiziert die Pseudozufallszahl durch Addieren eines orthogonalen Versatzes Modulo der Anzahl von zugelassenen Kanälen, so daß die modifizierte Kanalanzahl noch ein zugelassener Kanal des Sprungsatzes ist.

Die Anzahl von möglichen orthogonalen Versätzen gleicht der Anzahl von zugelassenen Kanälen in dem Sprungsatz. Die Anzahl von orthogonalen Versätzen wird in eine Anzahl von Untergruppen aufgeteilt und jeder Untergruppe von orthogonalen Versätzen wird zur Verwendung in nicht-benachbarten Zellen zugewiesen, während benach-

barte Zellen verschiedene Untergruppen verwenden. Somit verwenden Stationen in benachbarten Gebieten die gleichen orthogonalen Versätze nicht, aber Stationen in nicht-angrenzenden Zellen können die gleiche Untergruppe von orthogonalen Versätzen wieder verwenden.

Bei dem voranstehend beschriebenen herkömmlichen Frequenzsprungverfahren würde eine erste Station in einem ersten Gebiet, das dem gleichen Sprungsatz, dem System-schlüssel und orthogonalen Versätzen wie eine zweite Station in einem zweiten Gebiet zugewiesen ist, immer die gleiche Kanalfrequenz gleichzeitig wählen, da ihren jeweiligen Pseudozufalls-Zahlengeneratoren identische Eingangsvariablen gegeben werden. Somit tritt in diesen Systemen eine Cokanal-Interferenz zwischen Stationen auf einer Eins-zu-Eins-Basis auf, wobei es eine Aufgabe dieser Erfindung ist, dies zu vermeiden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird deshalb ein zweiter Pseudozufalls-Zahlengenerator verwendet, um innerhalb einer ersten Zelle die Auswahl eines orthogonalen Versatzes, der von einer ersten Station verwendet wird, aus der Untergruppe von orthogonalen Versätzen, die der ersten Zelle zugewiesen sind, zu variieren, wobei der Pseudozufalls-Zahlengenerator von einer Nummer konditioniert wird, die identisch zu jeder Station in der gleichen Zelle ist, und durch einen Zellschlüssel, der sich von dem Zellschlüssel unterscheidet, der von einer zweiten Zelle verwendet wird, die der gleichen Untergruppe von orthogonalen Versätzen zugewiesen ist. Der zweite Pseudozufalls-Nummern-generator stellt sicher, daß eine zweite Station in einer zweiten Zelle, die den gleichen Kanal wie eine erste Station in einer ersten Zelle wählt, nicht immer die gleiche zweite Station ist, sondern eine zufällige der Stationen in der zweiten Zelle. Durch das obige erfindungsgemäße Verfahren wird eine Interferenz-Mittelung über sämtliche mögliche Cokanal-Stationen erzielt, wobei die Hälfte von diesen wahrscheinlich während irgendeines Intervalls wie durch Sprach- oder Datenverkehrs-Aktivitätsfaktoren bestimmt, in Ruhe sind. Somit wird das Auftreten einer Cokanal-Interferenz um 50% mit einer nichtkorrelierten Wahrscheinlichkeit einer Interferenz zwischen sukzessiven Intervallen verringert. Eine verschachtelte Fehlerkorrekturcodierung des Daten- oder Sprachverkehrs wird verwendet, um zu ermöglichen, daß derartige zufällige Cokanal-Interferenzereignisse überbrückt werden.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Diese und andere Merkmale, Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich Durchschnittsfachleuten mit näheren Einzelheiten im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein herkömmliches Vierzellen-Wiederverwendungsmuster mit orthogonalen Sequenzen;

Fig. 2 nur Zellen, die die gleichen orthogonalen Sequenzen verwenden;

Fig. 3 den Orthogonal-Frequenzsprung-Sequenzgenerator des oben eingebauten U.S. Patents Nr. 4,476,566;

Fig. 3(a) einen herkömmlichen Modifizierer für eine Kanalabstastungsreihenfolge, der sich zur Verwendung mit dieser Erfindung eignet;

Fig. 4 die Einführung eines zweiten Pseudozufallszahlengenerators gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine Kombination der zwei Pseudozufallszahlengeneratoren gemäß dieser Erfindung;

Fig. 6 ein Flußdiagramm einer Pseudozufallszahlenerzeugung, die sich für diese Erfindung eignet; und

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Pseudozufallsberechnung.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 sind eine Anzahl von aneinander anliegenden Kreisen gezeigt, die Zellen darstellen, wobei jede Zelle mit S1, S2, S3 oder S4 bezeichnet ist, wobei die Symbole für einen bestimmten Untersatz der Gesamtanzahl von orthogonalen Frequenzsprungsequenzen stehen, die verfügbar sind und die in der angezeigten Zelle verwendet werden. Die Zellen können drahtlose Kommunikationsdienstgebiete sein, die von landgestützten zellularen Basisstationen bedient werden, oder alternativ geographische Gebiete der Erde, die von einer jeweiligen Richtstrahlung bestrahlt werden, die von einem umlaufenden Satelliten ausgestrahlt werden.

Ein Satz von orthogonalen Frequenzsprung-(FH)-Sequenzen ist irgendein Satz einer Zuweisung von N-Kanalfrequenzen zu N-Kommunikationsverbindungen, so daß keine zwei Verbindungen den gleichen Kanal gleichzeitig verwenden und die Zuweisung des Kanals zu einer Verbindung sich periodisch für sämtliche Verbindungen gleichzeitig ändert. Die Periode, in der eine bestimmte Zuweisung zutrifft, wird als ein "Sprung" bezeichnet und die Zeitperiode kann z. B. eine TDMA Rahmenperiode oder eine TDMA Schlitzdauer sein. In dem GSM System wird der Frequenzkanal für sämtliche Zeitschlitze in dem TDMA Rahmen zugewiesen und ändert sich nur einmal pro Rahmen. Die FH-Sequenz ist deshalb die gleiche für sämtliche Zeitschlitze in dem gleichen Rahmen. Jedoch ist es genauso möglich, jeden Zeitschlitz in dem Rahmen für einen Frequenzsprung in der Sequenz ohne Zusammenhang zu der Sequenz von Sprüngen in anderen Zeitschlitzen zu betrachten. In einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es vorteilhaft, die verschiedenen Frequenzsprungmuster für jeden Zeitschlitz zu verwenden.

Wenn z. B. 59 Kanalfrequenzen verfügbar sind kann ein Satz von 59 orthogonalen Frequenzsprungsequenzen konstruiert werden.

Diese würden in vier, nicht notwendigerweise gleiche Untersätze, unterteilt werden, beispielsweise 10 Sequenzen in S1, 20 in S2, 15 in S3 und 14 in S4. Die Aufteilung würde vorzugsweise die relative Anforderung nach Kommunikationen in den Zellen unter Verwendung der verschiedenen Untersätze reflektieren. Wenn die Untersätze in Zellen wie in Fig. 1 zugewiesen sind, ist ersichtlich, daß benachbarte Zellen verschiedene orthogonale Sequenzen verwenden und deshalb sich gegenseitig nicht stören. Zellen, die zu weit entfernt sind, verwenden jedoch wieder die gleichen orthogonalen Sequenzen. Fig. 2 zeigt nur die Zellen, die einen bestimmten Untersatz von Sequenzen verwenden, nämlich den S1-Untersatz. Eine Wiederverwendung tritt in diesem Beispiel auf einem regelmäßigen Gittermuster mit einer Beabstandung von zwei Zellen auf. Wie aus der zellularen Funktelefontechnologie bekannt, können regelmäßige Wiederverwendungsmuster zum Zuweisen von Kanälen an Zellen konstruiert werden, wenn die Kanäle in M-Untergruppen aufgeteilt werden, wobei M irgendeine ganze Zahl in der Form

$$i^2 + j^2 - ij \text{ ist, wobei "i" und "j" ganze Zahlen sind.}$$

Der Abstand von Mitte-zu-Mitte zwischen Zellen, die den gleichen Kanal verwenden, ist dann Wurzel(M) Zellendurchmesser. Gemäß dieser Erfindung werden orthogonalen Sequenzuntersätze in einer ähnlichen Weise unter Verwendung eines Wiederverwendungsmusters zugewiesen, das ein regelmäßiges Wiederverwendungsmuster der obigen Art sein kann, oder alternativ ein unregelmäßiges Wiederverwendungsmuster, wobei sich die Notwendigkeit für dieses

manchmal ergibt, wenn Zellen nicht alle die gleiche Größe, sondern verschiedene Durchmesser aufweisen. Das Ziel ist jedoch das gleiche, d. h. den Untersatz von Sequenzen so zuzuweisen, daß der Abstand zwischen Gebieten, die den gleichen Untersatz verwenden, maximiert wird, so daß eine Interferenz minimiert wird.

Fig. 3 zeigt einen orthogonalen Sequenzgenerator gemäß dem voranstehend eingebauten Stand der Technik in dem U.S. Patent Nr. 4,476,566. Darin erzeugt ein Pseudozufallszahlengenerator 30 Pseudozufallszahlen unter der Steuerung eines "Sprungschlüssels". In einer militärischen Antistörungsanwendung eines Frequenzsprungs ist der Sprungschlüssel ein Geheimcode, ohne den ein Gegner die Zufallssequenz nicht erzeugen kann und so nicht vorhersagen kann, welche Frequenz als nächstes verwendet werden wird. Ein Ausgang des Generators 30 ist eingeschränkt, so daß er im Bereich 0 bis (N-1) liegt, so daß er anzeigt, welcher eine Anzahl N von Kanälen, die von 0 bis N-1 numeriert sind, gewählt wird. Vor der Verwendung wird jedoch die Anzahl (zwischen 0 und N-1) durch Addieren eines orthogonalen Versatzes in dem Addierer 13 modifiziert, wobei der Versatz ebenfalls in dem Bereich 0 bis N-1 ist und wobei das Ergebnis um Modulo-N reduziert wird, so daß es in dem Bereich 0 bis N-1 liegt. Das Ergebnis des Modulo-N-Addierers 13 soll zum Wählen eines der zugelassenen N-Kanäle verwendet werden.

Die N-zugelassenen Kanäle können nicht sämtliche verfügbaren Kanäle umfassen. Einige Kanalfrequenzen können für andere Verwendungen aufgenommen werden, z. B. für einen nicht-springenden Sendesteuerkanal oder für ein Mikrozellensystem, das in dem Makrozellensystem eingebettet ist. Deshalb wird irgendeine Einrichtung benötigt, um anzuzeigen, welche Kanäle die zugelassenen Kanäle bilden. In dem Patent, auf das oben Bezug genommen wird, wurde ein Speicher mit einem 1-binären Bit pro Kanal mit einer "1" programmiert, wenn der Kanal zugelassen wurde, und ansonsten mit einer Null. Wenn die Anzahl von Kanälen, die potentiell verfügbar sind, groß ist, dann kann dies eine Speicher-effiziente Vorgehensweise zum Speichern von Sprungversätzen sein. Eine Alternative würde darin bestehen, in einem Mehrbitspeicher nur die Kanalcodes der zugelassenen Kanäle zu speichern. Die letztere Vorgehensweise ist effizient, wenn erwartet wird, daß die Anzahl von zugelassenen Kanälen ein kleiner Bruchteil der Gesamtanzahl von Kanälen ist.

In dem vorangehenden Verfahren, nachdem ein Ausgang "L" von dem Addierer 13 erhalten worden ist, ist es nun wünschenswert, die L-te "1" in dem Speicher 10 zu lokalisieren. Dies wird durch Laden eines Abwärtszählers 12 mit "L", einem Zurücksetzen des Zählers "11" auf Null und der Verwendung des Zählers 11 zum Erzeugen einer Adresse an dem Speicher 10 durchgeführt. Wenn das adressierte Bit des Speichers 10 eine 111 ist, was anzeigt, daß der adressierte Kanal ein zugelassener Kanal ist, wird der Abwärtszähler 12 dekrementiert; ansonsten, wenn das adressierte Bit "0" ist, was anzeigt, daß der adressierte Kanal nicht ein zugelassener Kanal ist, wird er ignoriert. Somit wird auf ein Inkrementieren des Zählers 11 durch sämtliche seiner Zustände hin zum Abtasten der Bits des Speichers 10 der Abwärtszähler 12 nur beim Antreffen eines zugelassenen Kanals dekrementiert. Wenn der Abwärtszähler 12 durch Null dekrementiert worden ist, wobei ein unterer Überlauf-Impuls erzeugt wird, zeigt dies an, daß der L-te zugelassene Kanal adressiert worden ist. Der untere Überlaufimpuls wird verwendet, um die Speicheradresse in dem Haltespeicher 14 zu halten, um eine Ausgabe des gefundenen Kanals bereitzustellen.

Verschiedene orthogonale Sequenzen können garantiert werden, indem verschiedene orthogonale Versätze (Ver-

schiebungen) verschiedenen Verbindungen zur Zuführung an den Eingang des Addierers 13 zugeordnet werden. Die verschiedenen Verbindungen sollten jedoch den gleichen Sprungschlüssel und N-Wert verwenden, so daß der Generator 30 die gleiche Zahl an dem Addierer 15 vor einer Modifikation erzeugt. Wenn diese Zahl die gleiche für sämtliche Stationen ist, kann garantiert werden, daß eine Hinzufügung von verschiedenen Versätzen eine unterschiedliche Zahl erzeugt.

In militärischen Anwendungen war es wünschenswert, zu vermeiden, daß man die Frequenz einer Verbindung von der Frequenz einer anderen Verbindung abschätzen könnte. Wenn z. B. eine Verbindung unter Verwendung eines orthogonalen Versatzes 5 einen Frequenzkanal 37 zu einem gegebenen Zeitpunkt erzeugt, könnte es sein, daß ein orthogonaler Versatz 6, der durch eine andere Verbindung verwendet wird, eine Kanalnummer 38 erzeugen würde. Um eine derartige einfache Beziehung zu vermeiden, wurde ein Kanalabtastrihenfolgenmodifizierer 20 im Stand der Technik verwendet, um die Reihenfolge zu ändern, in der die zugelassenen Kanäle in dem Speicher 10 von einer Sprungperiode zur nächsten adressiert wurden, in Abhängigkeit von einem anderen Pseudozufallsausgang von "m" Bits z. B. von dem Generator 30.

Die "m" Bits könnten Modulo-2 zu den Zählerbits addiert werden, um die Abtastrihenfolge zu verschlüsseln, oder sie könnten verwendet werden, um eine Permutation von mehr oder weniger wesentlichen Bits von dem Zähler 11 zu steuern, oder eine Mischung der zwei Techniken. Wie in Fig. 3(a) gezeigt addiert ein beispielhafter Reihenfolgenverschlüssler 20 Pseudozufallsbytes (8 Bits zu einer Zeit) zu Bytes des Abtastzählers 11, um modifizierte Bytes im Block 21 zu erhalten. Als nächstes werden die modifizierten Bytes durch eine 1 : 1-Nachschlagtabelle 22 geführt, die auch als eine Ersetzungsbox oder S-Box bekannt ist. Eine S-Box zum Ersetzen von Bytes kann durch Verwendung eines Nur-Lese-Speichers von 256 Bytes erhalten werden, wobei jeder mögliche Byte wert nur einmal gespeichert wird, um zu garantieren, daß das ROM eine 1 : 1-Ersetzung ist. Eine viel : 1-Ersetzung ist nicht wünschenswert, da bestimmte Ausgangswerte fehlen würden, so daß bestimmte Adressen in dem Speicher 10 niemals abgetastet werden würden. Der Modulo-2-Addierer 23 verbessert die Zufallseigenschaft im Vergleich mit der Verwendung eines Moduloaddierers-21 und des 1 : 1-ROMs alleine.

Trotz der obigen Schritte, wenn den Zellen in Fig. 1 jeweils der gleiche Untersatz des orthogonalen Versatzes zur Verwendung (und der gleiche Sprungschlüssel oder Systemschlüssel und das gleiche N) zugeordnet sind, wird dann, wenn in einer bestimmten ersten Station in einer gegebenen ersten Zelle eine gegebene Kanalfrequenz zugewiesen ist, sie immer die gleiche zweite Station in einer gegebenen zweiten Zelle sein, die dem gleichen Kanal zugewiesen ist. Somit gibt es zwischen zwei Zellen in Fig. 2 eine Eins-auf-Eins-Interferenzsituation. Die interferierende Station ist manchmal aktiv, wenn Verkehr durchläuft (z. B. ein Telefonanrufer spricht) und manchmal nicht aktiv (zwischen Sprechpausen oder wenn dieser orthogonale Versatz einem Anruf nicht zugeordnet ist). Somit werden typischerweise relativ lange Perioden mit einer Interferenz oder keiner Interferenz vorhanden sein, aber es ist erforderlich, den schlechtesten Fall zu planen, d. h. wenn eine Interferenz immer vorhanden ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es wünschenswert, die Eins-auf-Eins-Interferenzsituation zwischen Cokanal-Zellen zu vermeiden, indem sichergestellt wird, daß es sich nicht immer um die gleiche interferierende Station in einer zweiten Zelle handelt, die mit einer gegebenen Station in ei-

ner ersten Zelle interferiert. Dies wird gemäß Fig. 4 durch Einführen eines zweiten Pseudozufallszahlengenerators 31 gelöst, um die Zuweisung von orthogonalen Versätzen an Stationen innerhalb einer Zelle zu variieren, und in einer unterschiedlichen Weise für unterschiedliche Zellen der Fig. 2. Wenn beispielsweise 58 Kanäle und deshalb insgesamt 59 orthogonale Versätze vorhanden sind und die Untergruppe S7 davon die 17 orthogonalen Versätze 43–59 umfaßt, dann sollte der zweite Pseudozufallszahlengenerator eine Zahl zwischen 43 und 59 erzeugen.

Dies wird in der beispielhaften Ausführungsform, die in Fig. 4 dargestellt ist, durch Erzeugen einer Zahl in dem Generator 31 zwischen 0 und  $(N_{\max} - N_{\min}) = (59 - 43) = 16$  und dann durch Addieren des Basiswerts  $N_{\min} = 43$  in dem Addierer (16) gelöst. Die Pseudozufallszahl zwischen 0 und  $N_{\max} - N_{\min}$  (z. B. 16) wird zunächst in der gleichen Weise erzeugt wie der Pseudozufallszahlengenerator 30 eine Zahl zwischen 0 und  $N - 1$  erzeugt, und diese Zahl wird für sämtliche Stationen innerhalb der Zelle identisch sein, da sie den gleichen Zellschlüssel an dem Steuergenerator 31 verwenden. Dann addiert jede Station ihren eigenen einzigartigen Versatz in dem Addierer 15, um eine Zahl zu erzeugen, von der garantiert ist, daß sie für jede Station in der Zelle unterschiedlich ist, wodurch sichergestellt wird, daß sie verschiedene orthogonale Versätze verwenden, die der Zelle zugewiesen sind. Der Mobilstation wird ihr eigener einzigartiger Versatz von einer Netzsteuerstation beim Anrufaufbau zugewiesen, und zwar aus einer Liste von gegenwärtig nicht verwendeten Versätzen. Der Basiswert  $N_{\min}$  wird dann an dem Addierer 16 addiert, um die Auswahl aus der Gesamtanzahl von orthogonalen Versätzen, die für sämtliche Zellen verfügbar sind, zu erzeugen. Die Auswahl wird dann an den Addierer 13 wie in Fig. 3 angelegt.

In dieser Weise wird sichergestellt, daß Stationen innerhalb einer Zelle noch eine unterschiedliche Sequenz der orthogonalen Sequenzen, die dieser Zelle zugewiesen sind, verwenden, aber sich die Auswahl in einer pseudozufälligen Weise für verschiedene Zellen, z. B. von Fig. 2, verändert, obwohl sie den gleichen Untersatz von Sequenzen zugewiesen sind. Somit ändert sich die Station in einer Zelle, die für eine Station in einer anderen Zelle ein Störer ist, von Sprung zu Sprung und wird manchmal eine aktive Station und manchmal eine nichtaktive Station mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% (für einen Sprachverkehr). Somit dauern interferierende Situationen nicht für eine Periode, in der ein bestimmter Anrufer spricht, sondern ändern sich über die kurze Zeit von Sprung zu Sprung, was ermöglicht, daß die Interferenz durch Verwendung einer verschachtelten Fehlerkorrekturcodierung gemittelt wird.

Fig. 5 zeigt eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei zwei PRN-Generatoren 30, 31 in Fig. 4 in einen einzelnen PRN-Generator 32 kombiniert sind, der eine erste Pseudozufallszahl nur in Abhängigkeit von einem Systemschlüssel (und dem Bereich der Zahl  $N$ ) und eine zweite Zahl, die von einem Zellschlüssel (und der Anzahl von orthogonalen Sequenzen, die dieser Zelle zugewiesen sind und unter Umständen auch von dem Systemschlüssel) abhängt, erzeugt. Dementsprechend erkennen Durchschnittsfachleute, daß die zusätzliche Interferenzminderung, die von der vorliegenden Erfindung erreicht wird, nicht ausschließlich von der Bereitstellung des zweiten Pseudozufallszahlengenerators bereitgestellt wird, sondern durch die Fähigkeit, in einer Pseudozufallsweise die orthogonale Sequenzwahl wie zwischen Zellen zu verändern.

Fig. 6 zeigt ein Flußdiagramm, das die Pseudozufallszahlenerzeugung für jedes Sprungintervall darstellt. In dem GSM-System wird eine bestimmte Art von Rahmenzähler verwendet, um TDMA-Rahmen und Superrahmen zu zäh-

len. Ein Zähler für eine Teilung durch 52 und ein Zähler für eine Teilung durch 51 werden zusammen inkrementiert, und wenn sie bei einer von  $51 \times 52$  Gelegenheiten beide zusammen bei einer Inkrementierung überlaufen, dann wird ein weiterer 11-Bit Binärzähler (Teilung durch 2048) inkrementiert. Zusammen bilden diese eine Rahmenzahl in einem Mischbasissystem mit Basen 51, 52 und 2048. Sechs binäre Bits werden verwendet, um den Zahlenbereich von 0 bis 50 darzustellen, weitere sechs für den Zahlenbereich 0 bis 52 und elf für 0 bis 2047, was insgesamt 23 Bits macht. Der Einfachheit halber wird der Rahmenzahlwert einfach als eine 3-Byte (24-Bit)-Zeitvariable in diesem Beispiel behandelt. Der obige Aufbau einer Zeitvariablen ist nur beispielhaft und ist nicht als einschränkend gedacht.

In Fig. 6 werden die Bytes nach Inkrementieren der 3-Byte Zeitvariablen im Schritt 100 mit den Systemschlüsselbits im Schritt 101 verschlüsselt, um 3 oder mehr verschlüsselte Zeitbytes zu erhalten, die eine Funktion sowohl von nichtverschlüsselten Zeitbytes als auch von Systemschlüsselbits sind. Diese Bytes werden dann im Schritt 102 verwendet, um die Registerwerte eines PRN-Generators, beispielsweise eines Rückkopplungsschieberegisters, zu "setzen" oder zu initialisieren. Das PRN-Register wird dann eine feste Anzahl von Malen durch einen Schiebetrakt verschoben, um die Inhalte weiter zu verschlüsseln. Im Schritt 103 wird eine Anzahl "n" von Bits extrahiert, wobei  $2n$  größer als die Anzahl von Kanalfrequenzen  $N$  ist. Der  $n$ -Bitwert wird dann durch Subtrahieren von  $N$  Modulo- $N$  verkleinert, bis das Ergebnis kleiner als  $N$  ist. Im Schritt 104 werden die  $2n$  Bits, die von dem Abtastreihenfolgemodifizierer 20 benötigt werden, extrahiert und verwendet. Im Schritt 105 wird die  $n$ -Bit Kanalwählnummer unter Verwendung von 13, 15, 16 in Abhängigkeit von dem Zellschlüssel orthogonal modifiziert, was z. B. durch Erzeugen der weiter modifizierenden Zahl zwischen 0 und  $L$ , die von dem Addierer 15 verwendet wird, ausgeführt werden kann.

Soweit erforderlich kann ein bekannter effiziente Algorithmus zum Verkleinern einer Größe Modulo- $N$  im Schritt 103 verwendet werden. Da  $N$  für lange Perioden fest ist, kann eine Approximation mit einer endlichen Wortlänge auf ihren reziproken Wert  $1/N$  vorher berechnet und gespeichert werden. Um das  $n$ -Bit Wort Modulo- $N$  zu verkleinern, wird es dann zunächst mit dem angenäherten Wert von  $1/N$  multipliziert, um annähernd zu bestimmen, wie oft  $N$  in das Wort geteilt ist. Dann wird  $N$  mit dieser Anzahl multipliziert und von dem  $N$ -Bit Wort subtrahiert, um einen Rest zurückzulassen. Es kann gezeigt werden, daß höchstens zwei weitere Subtraktionen von  $N$  ausreichen werden, um das Modulo- $N$  Ergebnis zu erhalten, wobei der Prozeß somit viel schneller als ein Subtrahieren von  $N$  eine große Vielzahl von Malen ist.

Da obige Modulo- $N$ -Reduktionsverfahren ist nützlich, wenn die Wortlänge "n" der zu verringernden Größe viel größer als das Minimum ist, das zum Aufspannen des Bereichs 0 bis  $N - 1$  erforderlich ist, was dann zu langen Modulo-2-Reduktionszeiten durch eine wiederholte Subtraktion führen würde. Fig. 7 zeigt einen anderen PRN-Generator, der unter Verwendung des schnellen Modulo-Reduktionsverfahrens praktisch ist.

Darin sind die drei Zeitbytes mit T1, T2 und T3 bezeichnet und werden zu Systemschlüsselbytes K1, K2, K3 jeweils in den ersten Addierern 70–72 und zu Zellschlüsselbytes K4, K5, K6 jeweils in den zweiten Addierern 73–75 addiert. Die Addierer können z. B. entweder Modulo-2 (Byte-breit), bitweise Exklusiv-ODER oder Modulo-256 Addierer sein und der letztere kann mit oder ohne einem Übertrageingang von einer vorangehenden Addition arbeiten. Die Summe von T1 und K1 wird durch eine 256-Byte S-Box 80 geführt,

um das Ergebnis in solcher Weise zu verschlüsseln, daß eine einzelne Bitänderung auf T1 im Durchschnitt dazu führt, daß sich vier Bits des Ausgangs der S-Box ändern. Der Ausgang der S-Box 80 wird zu der Summe von T2 und K2 (am Addierer 76) addiert und durch die S-Box 80 ein zweites mal geführt, usw. gemäß dem beispielhaften Datenfluß aus Fig. 7. Die drei Bytes von den ersten drei Anwendungen der S-Box 80 werden dann in der Einheit 82 Modulo-N reduziert, um eine nichtmodifizierte Kanalwahl zu bilden. Zwei der Bytes werden auch für eine Kanalabstastreihenfolgenmodifikation verwendet. Die drei Bytes von den zweiten drei Anwendungen der S-Box werden in der Einheit 84 Modulo-(L+1) reduziert, wobei L+1 die Anzahl von orthogonalen Versätzen ist, die der Zelle zugewiesen sind, um den orthogonalen Versatzmodifizierer für den Addierer 15 der Fig. 4 oder 5 zu erhalten. Es ist ersichtlich, daß die voranstehend beschriebenen Prozesse 8 oben unter Verwendung eines programmierbaren Mikroprozessors mit einer geeigneten Software implementiert werden können. In der Tat ermöglichen die Byte-breiten Größen, die gezeigt sind, eine Implementierung unter Verwendung von 8-Bit Mikroprozessoren wie beispielsweise eines Zilog/80, die hinsichtlich des Leistungsverbrauchs in batteriebetriebenen handgehaltenen Geräten sehr wirtschaftlich sind.

In der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/581,110, die am 29. Dez. 1995 eingereicht wurde (Dent, mit dem Titel "Timecompressing Transponder"), wurde ein Satellitentransponder beschrieben, um asymmetrische TDMA-Signale gemäß dem voranstehend erwähnten U.S. Patent Nr. 5,539,730 zu behandeln. Auch im U.S. Patent Nr. 5,729,538 des Anmelders wurde ein Verschachtelungs- und Codierungsverfahren für eine Frequenzsprungübertragung beschrieben, bei der die Codierung von Information gemäß der Interferenzumgebung und der Kapazitätsbelastung verändert werden konnte. Die obigen Anmeldungen werden hier durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Erfindung. Die gegenwärtige Erfindung ist nützlich, wenn der voranstehend eingebaute Stand der Technik ausgeübt wird. Ein Frequenzsprung-TDMA-Verfahren gemäß dieser Erfindung umfaßt eine Codierung von Information für eine Übertragung unter Verwendung z. B. eines Faltungscodes mit einer Rate 1/3 oder alternativ eines Codes mit einer Rate 1/4 für die wichtigeren Bits und eines Codes mit einer Rate 1/2 für die weniger wichtigen Bits, was im Durchschnitt eine Codierung mit einer äquivalenten Rate 1/3 ergibt. Eine Codierung und Decodierung von Bits mit verschiedener Wahrnehmungswichtigkeit ist ferner in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/943,885 (Dent, eingereicht am 3. Oktober 1993) von dem Anmelder der vorliegenden Erfindung beschrieben, die hier durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Anmeldung ist. Die codierten Bits, die einen digitalen Sprachrahmen oder ein Datenpaket darstellen, werden mit den vorangehenden und nächsten Rahmen verschachtelt und über sechs TDMA Bursts getrennt durch 16 Zeitschlitz auf der Abwärtsverbindung von einem Satelliten zu einer tragbaren Einheit verteilt. Jeder sukzessive Zeitschlitz wird auf einem Frequenzkanal übertragen, der gemäß dieser Erfindung aus einem Satz von Kanälen in einem Abstand von 200 KHz auf der Abwärtsverbindung gewählt ist.

Die entsprechende Aufwärtsverbindung verwendet die gleiche Verschachtelung und Codierung, aber die Aufwärtsübertragungen treten in einem von vier Zeitschlitz auf einem von vier 50 KHz Kanälen auf, wobei die vier Zeitschlitz mal vier 50 KHz Kanäle den 16 Zeitschlitz eines 200 KHz Abwärtskanals zugeordnet sind. Somit gibt es viermal so viele Aufwärtsverbindungs-Frequenzkanäle wie Abwärtsverbindungskanäle und ein Viertel der Anzahl von Aufwärtsverbindungs-Zeitschlitz, was die gleiche Anzahl

von Kommunikationskanälen insgesamt macht, wenn ein Kommunikationskanal als einer von 16 Zeitschlitz auf einer 200 KHz Trägerfrequenz definiert wird. Da ein einziger Aufwärtsverbindungs-Kanal (d. h. einer von vier möglichen 50 KHz Kanälen und einer von vier Zeitschlitz) jedem Abwärtsverbindungs-Kanal zugewiesen ist, definiert eine Auswahl des Abwärtsverbindungs-Zeitschlitzes und eine Auswahl des 200 KHz Frequenzabwärtsverbindungs-Kanals gemäß dieser Erfindung den Aufwärtsverbindungs-Kanal zur Verwendung in einem bestimmten TDMA-Rahmen.

In einer Anwendung ist es wünschenswert, die Verkehrsaktivität in der Zeit und in der Frequenz gleichmäßig zu verteilen. Die Frequenzverteilung wird durch das Mehrfachzellen-Frequenzsprungverfahren, das voranstehend beschrieben wurde, erzielt. Die Verteilung des Verkehrs in der Zeit wird durch Wählen eines Zeitschlitzes ausgeglichen, um einem Anruf beim Anrufaufbau in Abhängigkeit davon, welcher der 16 Abwärtsverbindungs-Zeitschlitz in der Zelle gegenwärtig für die wenigstens Anrufe zugeordnet ist, zuzuordnen. Alternativ kann der Zeitschlitz, der die geringste Anzahl von ihm zugeordneten Anrufen aufweist, über einer Gruppe von Strahlen oder dem gesamten System zugewiesen werden, um eine Zeitvariation in der Gesamtanforderung nach der Satellitenübertragungsleistung zu verringern. Die Wahl, wie groß eine Gruppe von Zellen beim Auswerten einer Zeitschlitzaktivität zu berücksichtigen ist, hängt von der Zuordnung der Senderleistungsverstärker zu Strahlen ab, ob auf einer eins-zu-eins-Basis oder ob sämtliche Leistungsverstärker zu allen Strahlen beitragen (wie bei Phased Arrays) oder ob ein Pool von Leistungsverstärkern gemeinsam zwischen einer gegebenen Gruppe von Strahlen verwendet wird, wie in den U.S. Patenten mit den Seriennummern 5,631,604, 5,638,024, 5,574,967 und 5,568,088 beschrieben, die hier durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Erfindung sind.

Somit wird der Verkehr durch Verteilen der Aktivität gleichermaßen in der Zeit und der Frequenz auf der Abwärtsverbindung auch gleichermaßen in der Zeit und der Frequenz auf der Aufwärtsverbindung verteilt, weil jede Abwärtsverbindungs-Frequenz/Zeit-Kombination auf eine einzigartige Aufwärtsverbindungs-Frequenz/Zeit-Kombination abgebildet ist.

Aufgrund der Umlauf-Übertragungsverzögerung (Round-Trip-Übertragungsverzögerung) von dem Satelliten zur Erde und wieder zurück werden Aufwärtsverbindungs-Frequenzauswahlen, die orthogonal an den Erdterminals durchgeführt wurden, nicht notwendigerweise orthogonal an dem Satelliten empfangen. Insbesondere liegen Terminals, die auf einer Kante eines Strahls angeordnet sind, in einem anderen Abstand von dem Satelliten als Terminals an der gegenüberliegenden Kante, wenn der Satellit nicht direkt über Kopf ist. Terminals, die in benachbarten Zeitschlitz auf der gleichen Frequenz senden, wie in der Erdzeit gemessen, können somit nicht mehr in benachbarten Schlitz senden, sondern überlappend in der Zeit haben sich die Signale durch verschiedene Verzögerungen zu dem Satelliten ausgebreitet. Dies kann durch Einstellen der Sendezeiten der Erdterminals in Abhängigkeit von dessen Position beseitigt werden, um sicherzustellen, daß die Signale in dem richtigen Zeitschlitz an dem Satelliten empfangen werden. Wenn es gewünscht wird, einen Satelliten-Diversityempfang zu verwenden, ist es schwieriger, eine Sendezeitsteuerung so einzustellen, daß Signale an zwei Satelliten nicht-überlappend sind, und es kann unmöglich sein für drei. Diese Aspekte werden in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/354,904 behandelt, die durch Bezugnahme oben bereits Teil der vorliegenden Anmeldung gemacht



wurde. Unter Verwendung eines Frequenzsprungs und einer leichten Kanalbelastung, kombiniert mit einer starken Codierung und einer Verschachtelung, ist es jedoch nicht erforderlich, sicherzustellen, daß eine Interferenz nicht auftritt, nur sie mit einer ausreichend geringen Wahrscheinlichkeit auftritt. Es würde z. B. wünschenswert sein, daß ein Zusammenstoß in der Frequenz und in der Zeit an zwei verschiedenen Satelliten mit einer unabhängigen Wahrscheinlichkeit auftritt, so daß die Wahrscheinlichkeit, daß beide einen Zusammenstoß erleiden, relativ zu der Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes in einem einzelnen Satelliten quadriert wäre.

Wenn ein Frequenzsprungverfahren ausgeführt würde, wie in GSM, durch Ändern einer Frequenz einmal pro TDMA-Rahmen und unter Verwendung der gleichen Frequenz für sämtliche Zeitschlitzte in dem gleichen Rahmen, dann würde ein Zeitsteuerungsfehler, der eine Zeitüberlappung zwischen benachbarten Zeitschlitzten des gleichen Rahmens verursachen würde, auch in der Frequenz überlappend sein und dies würde eine permanente Situation sein. Um dieses Ereignis auf ein zufälliges Auftreten zu reduzieren, wird eine verschiedene Frequenzsprungsequenz auf benachbarten Zeitschlitzten der Aufwärtsverbindung verwendet. Dies wird sichergestellt, indem ein verschiedenes Frequenzsprungmuster für benachbarte Zeitschlitzte der Abwärtsverbindung verwendet wird, oder wenigstens für Schlitzte, die durch vier Schlitzte auf der Abwärtsverbindung getrennt sind, was auf den gleichen Aufwärtsverbindungs-Frequenzkanal abgebildet ist. Dies wird leicht unter Verwendung dieser Erfindung durch Zuordnen von verschiedenen Systemschlüsseln an die 16 Abwärtsverbindungs-Zeitschlitzte erzielt. Alternativ können die verschiedenen Systemschlüssel den 32 Zeitschlitzten, die einen gerade nummerierten Rahmen und einen ungerade nummerierten Rahmen umfassen, zugeordnet werden, da es bei Verwendung einer Abwärtsverbindungs-Satellitendiversity gemäß dem voranstehend eingebauten Stand der Technik manchmal vorteilhaft ist, einen Schlitz eines ungeraden Rahmens von einem Satelliten und den Schlitz eines geraden Rahmens von einem anderen Satelliten zu übertragen. Somit kann ein Satz von Frequenzsprungvariablen einem Satelliten und ein anderer Satz einem anderen Satelliten zugeordnet werden. In Abhängigkeit von der Signalqualität und der Belastung kann ein Erdterminal nur ungerade Rahmen, die unter Verwendung einer Frequenzsprungsequenz von einem ersten Satelliten gesendet werden, empfangen und decodieren, alternativ nur gerade Rahmen, die unter Verwendung einer zweiten Frequenzsprungsequenz von einem zweiten Satelliten gesendet werden, oder das Terminal kann wiederum sowohl ungerade als auch gerade Rahmen entweder von dem gleichen oder von unterschiedlichen Satelliten durch Wählen der geeigneten Frequenzsprungparameter empfangen. Somit können die Zufallszahlengeneratoren 30, 31, 32 gemäß dieser Erfindung verschiedene System- oder Zellschlüssel und Adressen, die sich von den Sprungsätzen unterscheiden, in dem Speicher (10) zum Empfangen von Schlitzten in ungeraden bzw. geraden Rahmen wählen. Ein verallgemeinerter Ansatz, der als "Satellitenspringen" bezeichnet wird, kann verwendet werden, bei dem ein Satellit für einen Empfang jedes Signalbursts zusammen mit einem Sprungsatz, einem Systemschlüssel, einem orthogonalen Versatz oder anderen Parameter, von denen die Auswahl des Frequenzkanals für diesen Burst abhängen würde, gewählt wurde.

Durch Verwendung der voranstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Frequenzsprungverfahren kann somit die Notwendigkeit zur Durchführung von speziellen Schritten zur Synchronisierung von Aufwärtsverbindungs-Übertragungen zur Vermeidung von Zusammenstößen in der Zeit

und der Frequenz somit durch Reduzieren dieser Ereignisse auf ein zufälliges Auftreten mit einer akzeptablen geringen Wahrscheinlichkeit vermieden werden.

Ein Durchschnittsfachmann kann viele Adaptionen der voranstehenden Lehren durchführen, die innerhalb des Umfangs und des Grundgedankens der Erfindung bleiben, so wie sie von den beiden beigefügten Ansprüchen beschrieben ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Wählen eines Kanals zur Verwendung beim Verbinden einer entfernten Station mit einem Funkkommunikationssystem, umfassend die folgenden Schritte:  
Zuweisen eines Satzes von orthogonalen Versätzen zu einer Zelle;  
Erzeugen einer Pseudozufallszahl;  
pseudozufälliges Wählen eines der orthogonalen Versätze unter Verwendung eines Werts, der der entfernten Station zugeordnet ist; und  
Kombinieren der pseudozufällig gewählten orthogonalen Versätze mit der Pseudozufallszahl zum Erzeugen einer Kanalwählzahl, wobei die Kanalwählzahl sich pseudozufällig zwischen der entfernten Station und einer anderen entfernten Station, die in einer anderen Zelle mit dem gleichen Satz von orthogonalen Versätzen arbeitet, verändern wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt zum pseudozufälligen Wählen ferner die folgenden Schritte umfaßt:  
Zuweisen eines einzigartigen Versatzes an jede entfernte Station in dem Funkkommunikationssystem; und  
Addieren des einzigartigen Versatzes zu einer zweiten Pseudozufallszahl, um den pseudozufällig gewählten Versatz zu erhalten.
3. Frequenzsprungverfahren in einem Funkkommunikationssystem, umfassend die folgenden Schritte:  
Zuweisen eines gleichen Satzes von Sprungsequenzen an eine erste und eine zweite Zelle; und  
Wählen von Sprungsequenzen pseudozufällig zwischen ersten und zweiten Zellen, wobei eine Station in der ersten Zelle einen ersten Störer in der zweiten Zelle während eines ersten Sprungintervalls und einen zweiten Störer, der sich von dem ersten Störer unterscheidet, in der zweiten Zelle während eines zweiten Sprungintervalls aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt zum pseudozufälligen Wählen von Sprungsequenzen ferner umfaßt:  
Erzeugen einer ersten Pseudozufallszahl auf Grundlage eines ersten Zellschlüssels in der ersten Zelle;  
Erzeugen einer zweiten Pseudozufallszahl auf Grundlage eines zweiten Zellschlüssels in der zweiten Zelle;  
Bestimmen eines ersten Versatzes, der zum Wählen einer ersten Sprungsequenz in der ersten Zelle verwendet wird, unter Verwendung der ersten Pseudozufallszahl; und  
Bestimmen eines zweiten Versatzes, der zum Wählen einer zweiten Sprungsequenz in der zweiten Zelle verwendet wird, unter Verwendung der zweiten Pseudozufallszahl, wobei die ersten und zweiten Sprungsequenzen pseudozufällig relativ zueinander gewählt werden.
5. Vorrichtung, umfassend:  
eine Einrichtung zum Zuweisen eines Satzes von orthogonalen Versätzen zu einer Zelle;



eine Einrichtung zum Erzeugen einer Pseudozufallszahl;  
 eine Einrichtung zum pseudozufälligen Wählen eines der orthogonalen Versätze unter Verwendung eines Werts, der zu der entfernten Station gehört; und  
 eine Einrichtung zum Kombinieren des pseudozufällig gewählten orthogonalen Versatzes mit der Pseudozufallszahl zum Erzeugen einer Kanalwählzahl, wobei die Kanalwählzahl sich pseudozufällig zwischen der entfernten Station und einer anderen entfernten Station, die in einer anderen Zelle mit dem gleichen Satz von orthogonalen Versätzen arbeitet, verändert wird.  
 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das pseudozufällige Auswählen ferner umfaßt:  
 eine Einrichtung zum Zuweisen eines einzigartigen Versatzes zu jeder entfernten Station in dem Funkkommunikationssystem; und  
 eine Einrichtung zum Addieren des einzigartigen Versatzes zu einer zweiten Pseudozufallszahl, um den pseudozufällig gewählten Versatz zu erhalten.  
 7. Frequenzsprung-Funkkommunikationssystem, umfassend:  
 eine Einrichtung zum Zuweisen eines gleichen Satzes von Sprungsequenzen an eine erste und eine zweite Zelle; und  
 eine Sequenzwähleinrichtung zum Wählen von Sprungsequenzen pseudozufällig zwischen den ersten und zweiten Zellen, wobei eine Station in der ersten Zelle einen ersten Störer in der zweiten Zelle während eines ersten Sprungintervalls und einen zweiten Störer, der sich von dem ersten Störer unterscheidet, in der zweiten Zelle während eines zweiten Sprungintervalls aufweist.  
 8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sequenzwähleinrichtung ferner umfaßt:  
 eine Einrichtung, um in der ersten Zelle eine erste Pseudozufallszahl auf Grundlage eines ersten Zellschlüssels zu erzeugen;  
 eine Einrichtung, um in der zweiten Zelle eine zweite Pseudozufallszahl auf Grundlage eines zweiten Zellschlüssels zu erzeugen;  
 eine Einrichtung zum Bestimmen eines ersten Versatzes, der zum Wählen einer ersten Sprungsequenz in der ersten Zelle verwendet wird, unter Verwendung der ersten Pseudozufallszahl; und  
 einer Einrichtung zum Bestimmen eines zweiten Versatzes, der zum Wählen einer zweiten Sprungsequenz in der zweiten Zelle verwendet wird, unter Verwendung der zweiten Pseudozufallszahl, wobei die ersten und zweiten Sprungsequenzen pseudozufällig relativ zueinander gewählt werden.  
 9. Kanalwähleinheit zur Verwendung in einem Funkkommunikationssystem, umfassend:  
 einen ersten Pseudozufallszahlengenerator zum Erzeugen einer ersten Zufallszahl;  
 einen zweiten Pseudozufallszahlengenerator zum Erzeugen einer zweiten Zufallszahl;  
 einen ersten Addierer zum Addieren eines Versatzes zu der zweiten Pseudozufallszahl;  
 einen zweiten Addierer zum Addieren eines Ausgangs des ersten Addierers und der ersten Pseudozufallszahl zusammen; und  
 eine Einrichtung zum Adressieren einer Sprungsequenzspeichereinrichtung unter Verwendung eines Ausgangs des zweiten Addierers zum Wählen von Kanälen.  
 10. Einheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

daß der Versatz ein Wert ist, der zu einer bestimmten entfernten Station gehört, die in dem Funkkommunikationssystem verwendet wird.

11. Einheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Pseudozufallszahl auf Grundlage eines eingegebenen Schlüsselwerts, der zu einer bestimmten Zelle des Funkkommunikationssystems gehört, erzeugt wird.

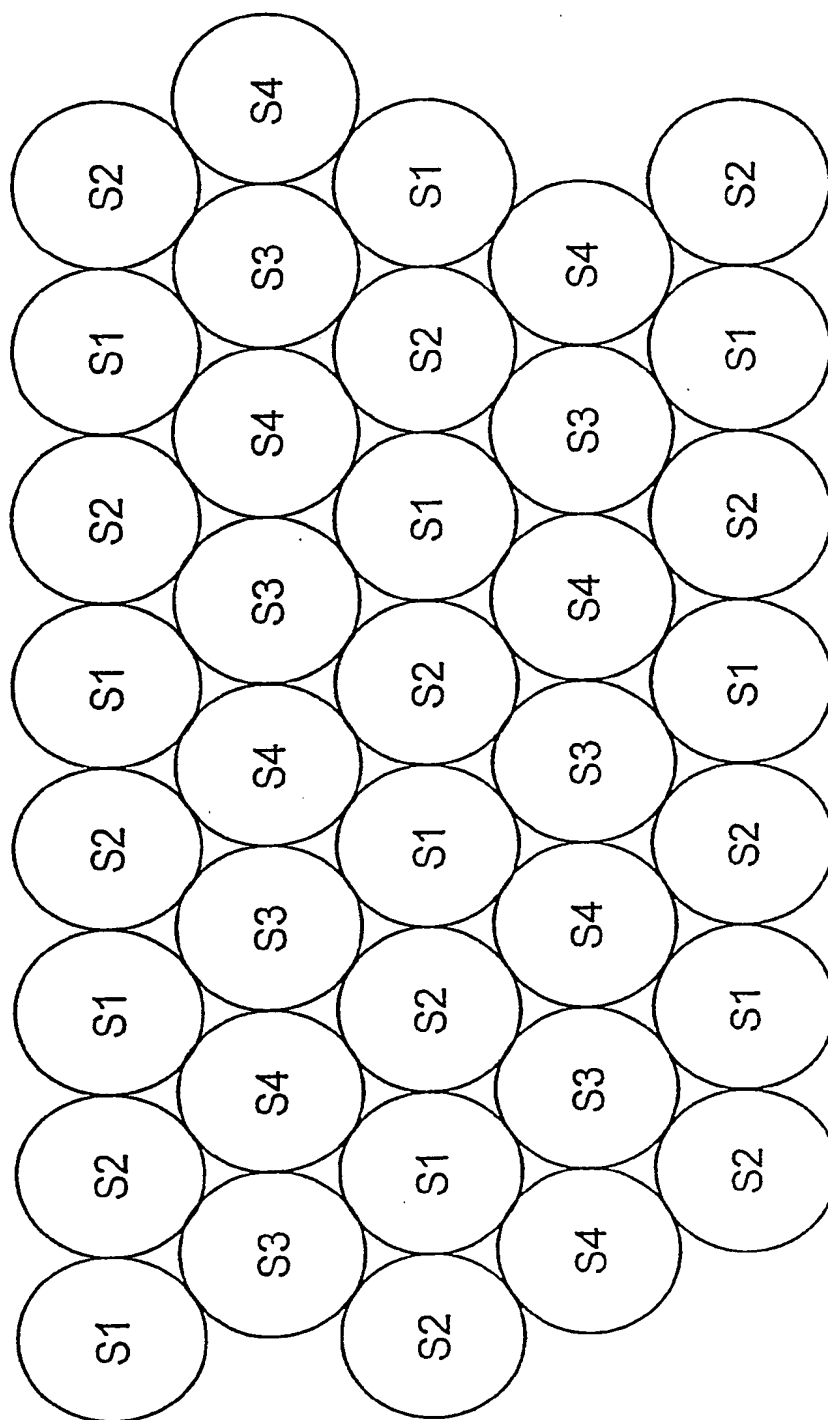
---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**This Page Blank (uspto)**



**FIG. 1**  
Stand der Technik

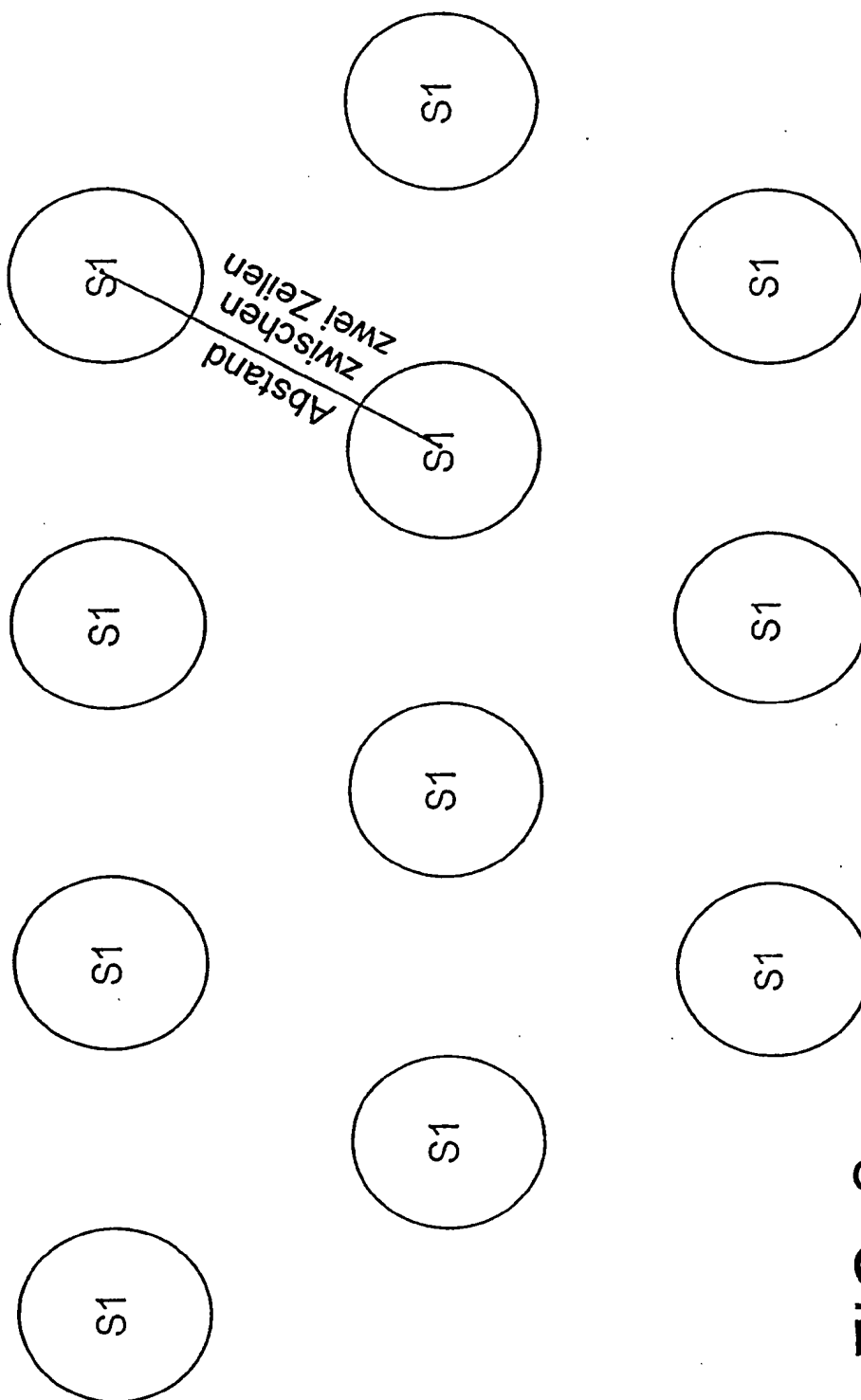


FIG. 2  
Stand der Technik

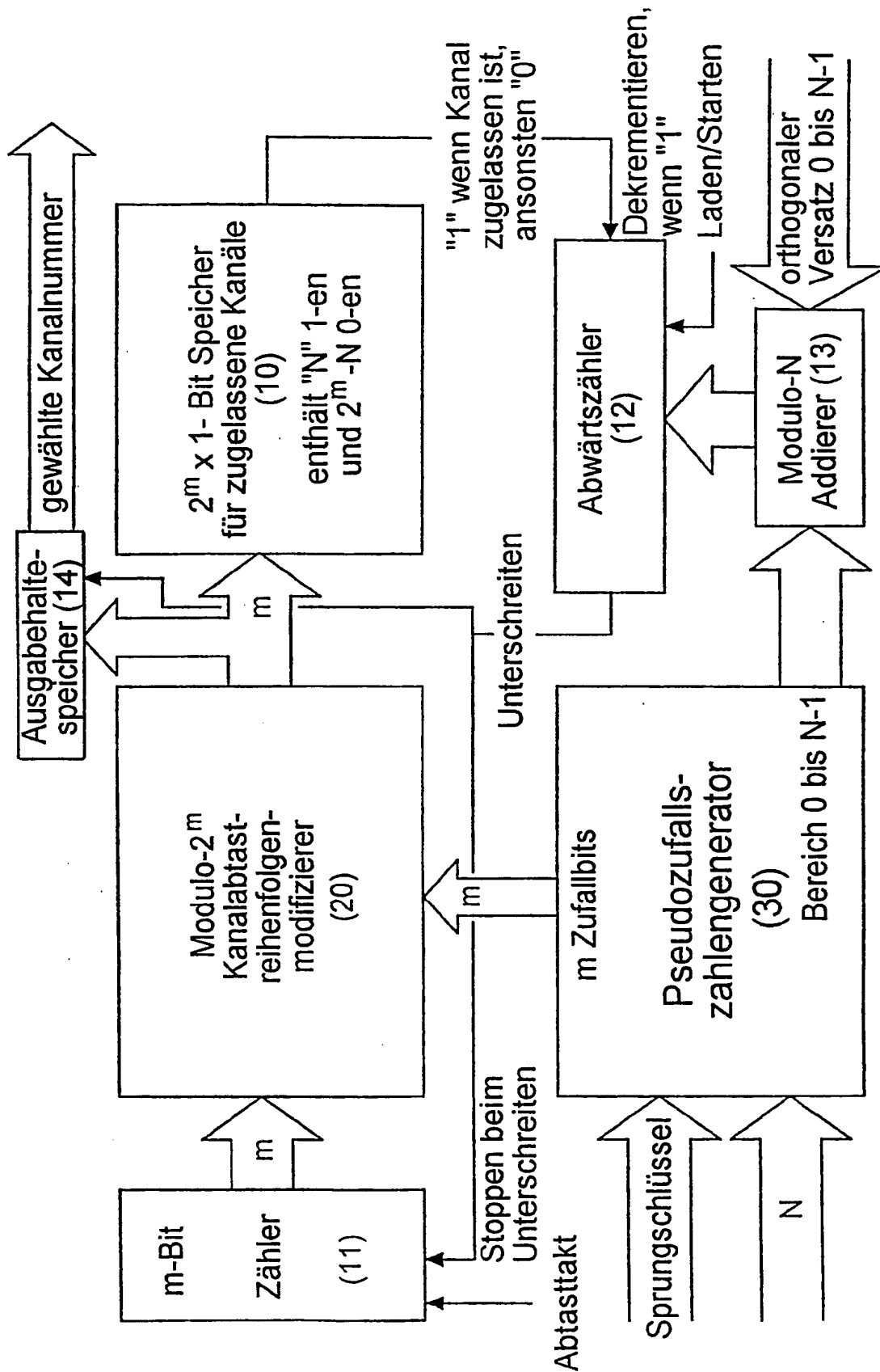
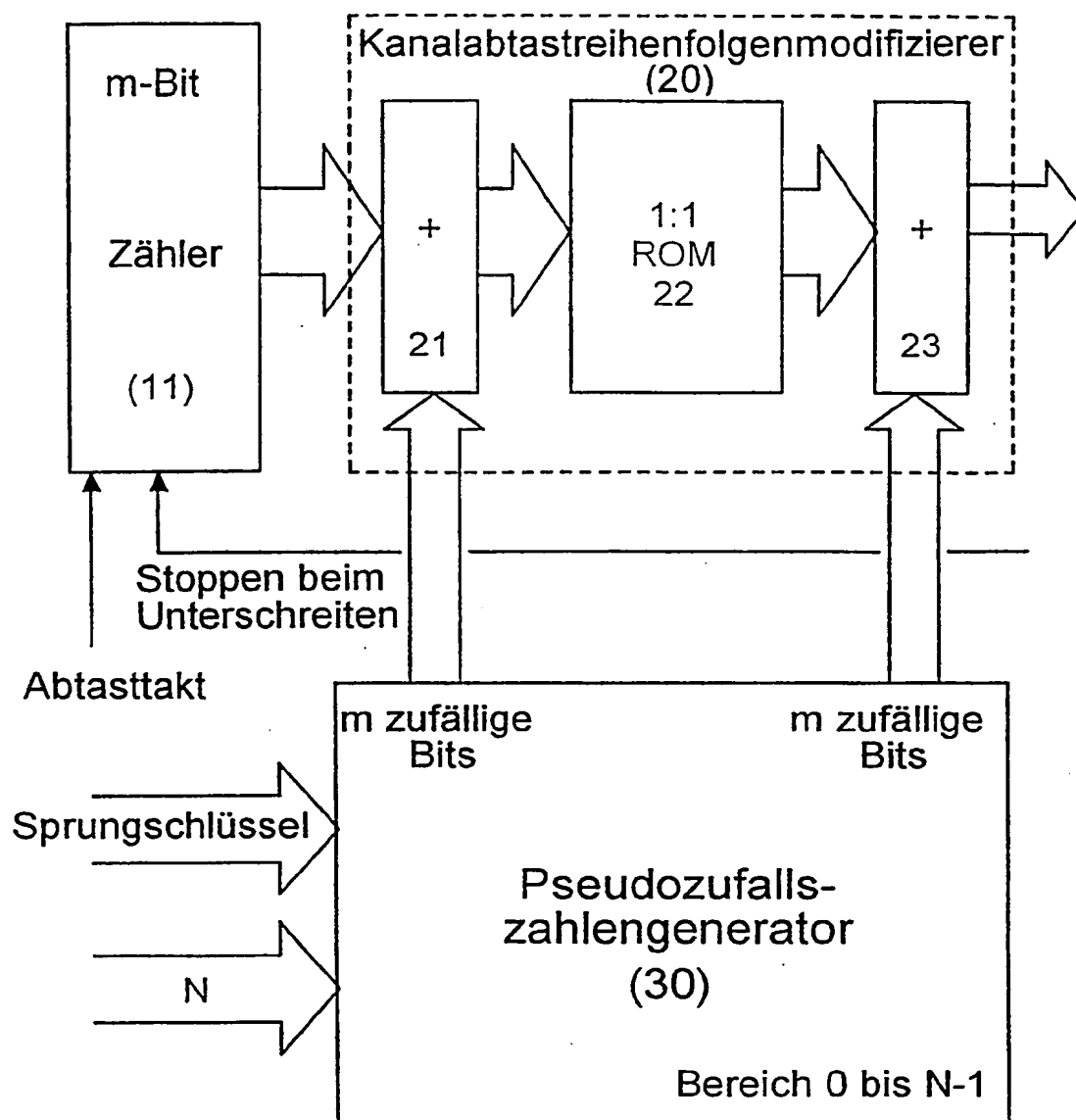


FIG. 3 Stand der Technik



**FIG. 3A**  
Stand der Technik

FIG. 4

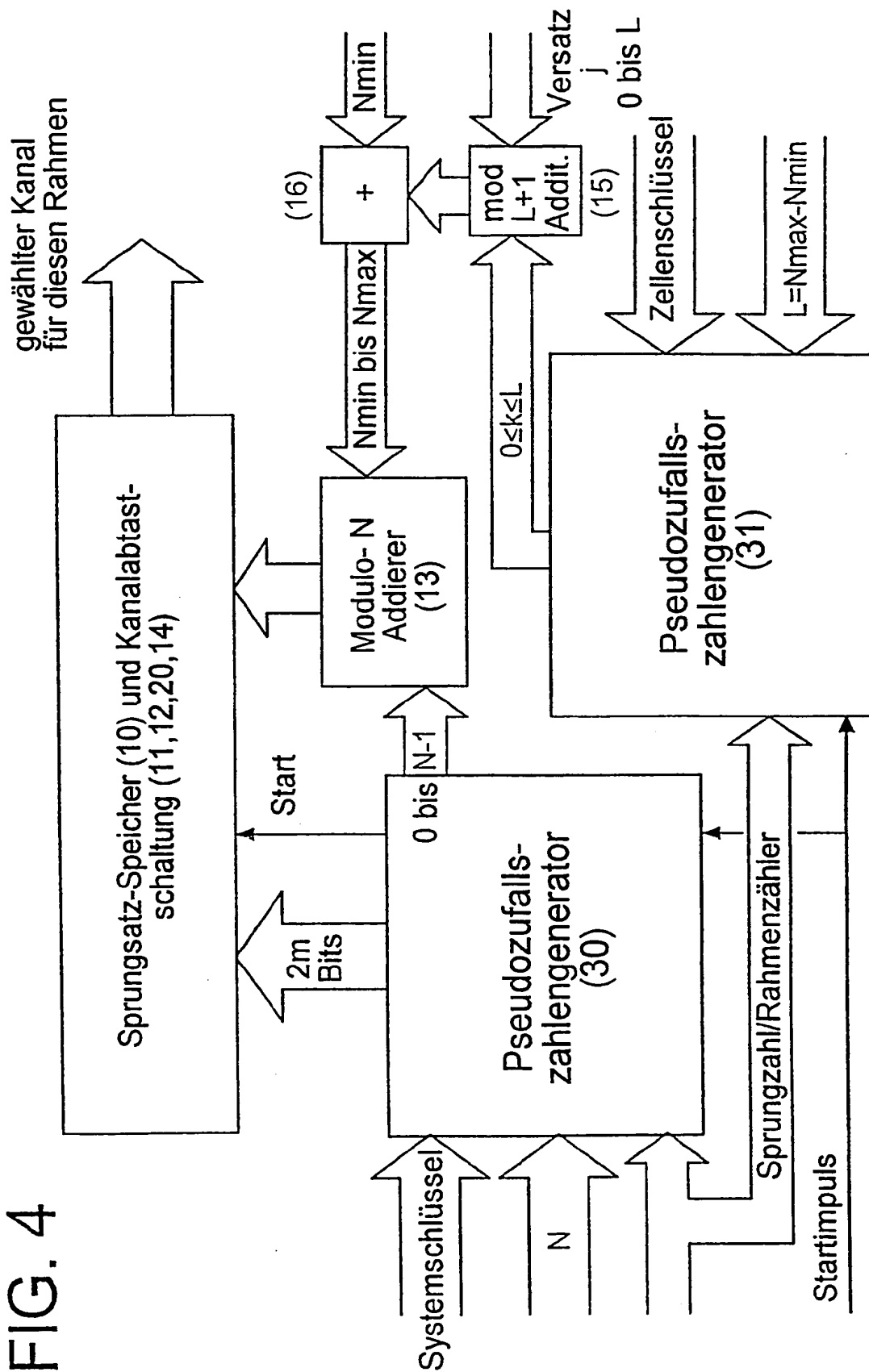
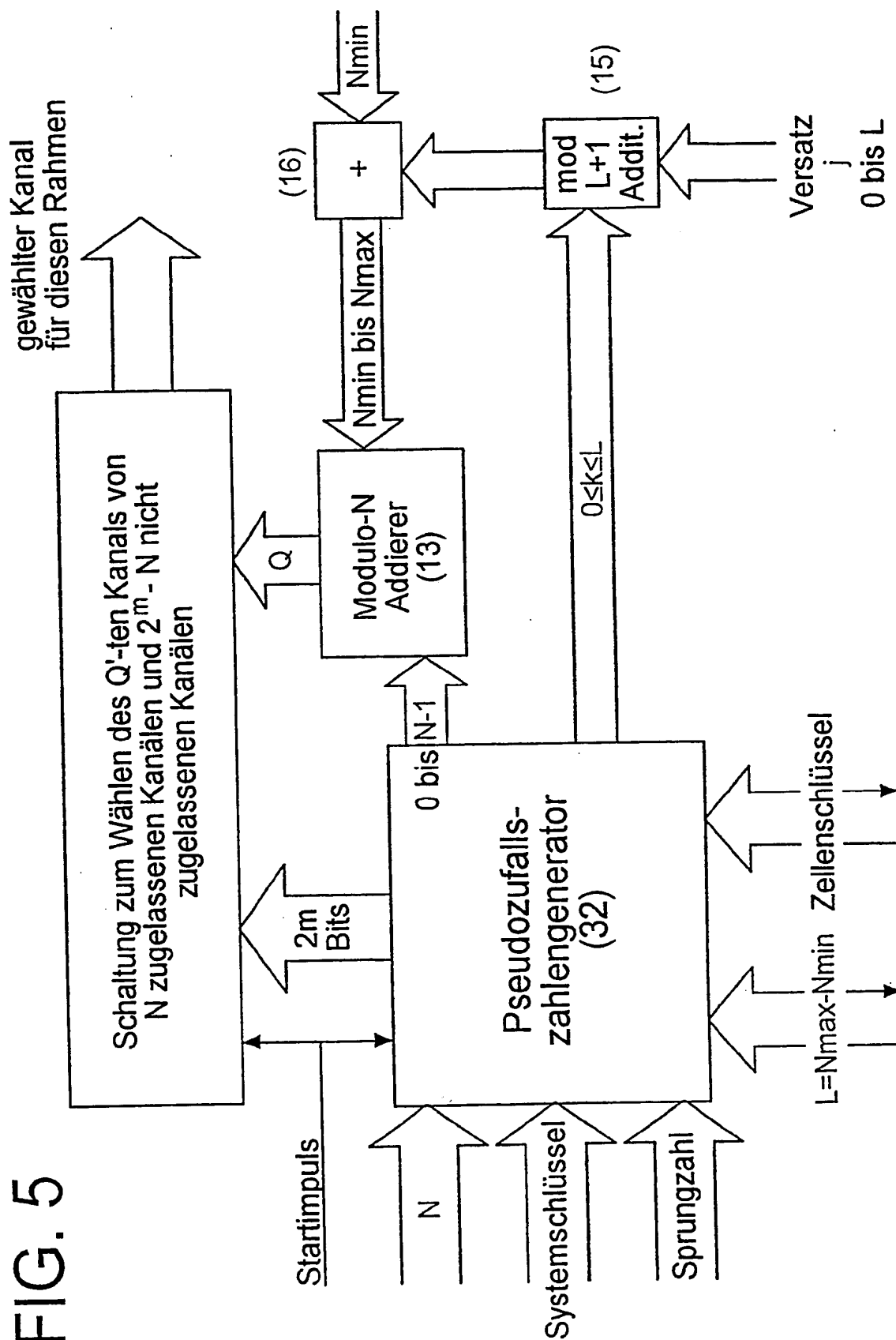




FIG. 5



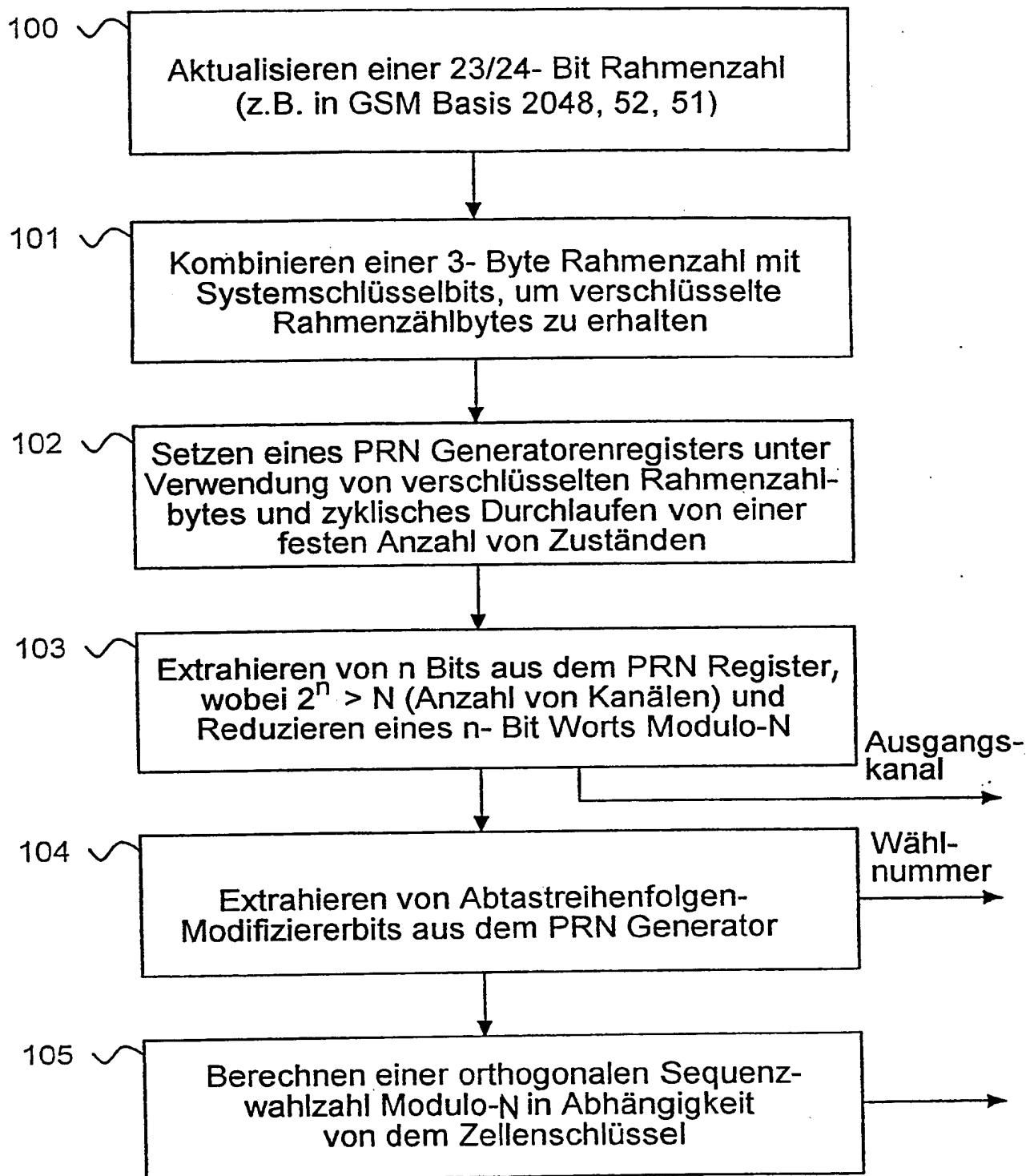
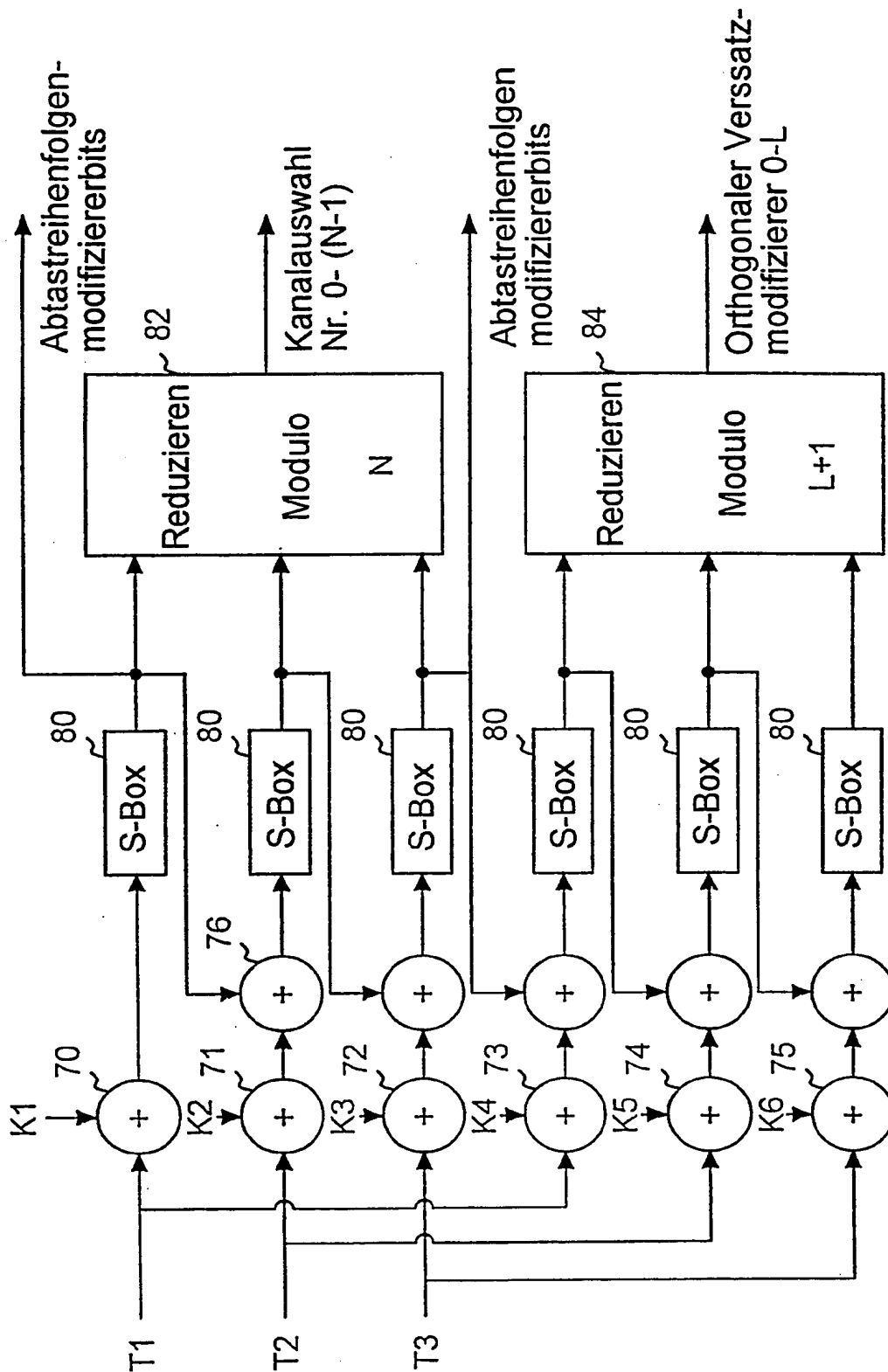


FIG. 6



(K1, K2, K3) = Systemschlüssel  
(K4, K5, K6) = Zellschlüssel

FIG. 7